

Epitaxial layer transfer to an alternative substrate e.g. of glass, plastic or ceramic**Patent number:** DE19803013**Publication date:** 1999-08-05**Inventor:** LAERMER FRANZ DR (DE); FREY WILHELM DR (DE); ARTMANN HANS (DE)**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)**Classification:**- **international:** H01L21/306; H01L21/58- **european:** H01L21/20B6; H01L21/78B**Application number:** DE19981003013 19980127**Priority number(s):** DE19981003013 19980127**Also published as:**

US 6677249 (B2)

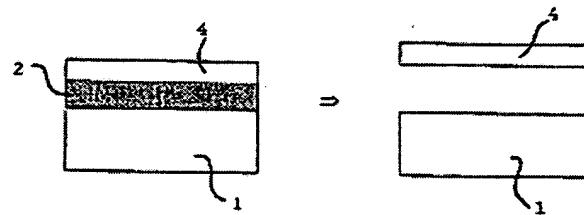
US 2001055881 (A1)

J P11265876 (A)

F R2776125 (A1)

Report a data error here**Abstract of DE19803013**

Layer transfer from one substrate to another is carried out by anodizing to form a porous frangible layer (2), applying an epitaxial layer (4) and then detaching the epitaxial layer for transfer to another substrate. Layers are transferred from one substrate to another by: (a) anodizing in hydrofluoric acid to form a porous frangible layer (2), optionally below a stabilizing layer of lower porosity; (b) briefly contacting the layer with HF to remove oxide; (c) applying an epitaxial layer (4); (d) detaching the epitaxial layer and the optional stabilizing layer from the substrate (1) for transfer to another substrate; and (e) optionally removing the stabilizing layer and/or residues of the frangible layer from the epitaxial layer. Preferred Features: The initial substrate and the starting material for the frangible and stabilizing layers consist of p-doped Si, SiC and/or Ge.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 198 03 013 A 1

⑤ Int. Cl. 6:
H 01 L 21/306
H 01 L 21/58

DE 198 03 013 A 1

⑪ Aktenzeichen: 198 03 013.4
⑫ Anmeldetag: 27. 1. 98
⑬ Offenlegungstag: 5. 8. 99

⑦ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE
⑧ Vertreter:
Motsch und Kollegen, 80538 München

⑦ Erfinder:
Laermer, Franz, Dr., 70437 Stuttgart, DE; Frey, Wilhelm, Dr., 70178 Stuttgart, DE; Artmann, Hans, 71106 Magstadt, DE

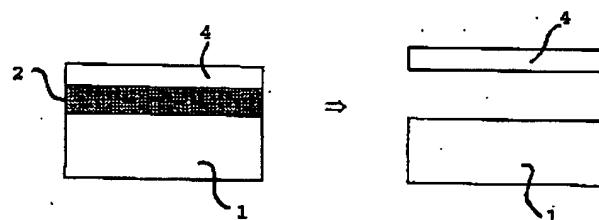
⑥ Entgegenhaltungen:
US 54 53 394
EP 08 51 513 A2
EP 07 93 263 A2
JP 07-3 02 889 A
JP 3-290400 A. In: Patent Abstracts of Japan;
SATO, N. et.al.: Advanced Quality in Epitaxial Layer Transfer. In: Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 35, Part 1, No. 2B, Feb. 1996, pp. 973-7;
KIM, Chang-Koo et.al.: Suppression of Oxide growth on/porous silicon by treatment with HF vapor. In: J.Appl.Phys. 78 (12), 15.12.1995, p. 7392-4;
FENG WANG et.al.: High Selective Chemical Etching... In: J.Electrochem.Soc., Vol. 144, No. 3, March 1997, pp. L37-9;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

④ Verfahren zur Herstellung von Sollbruchschichten zum Ablösen von aufgewachsenen Schichtsystemen

⑤ Es wird ein Verfahren beschrieben zum Ablösen von Schichten oder Schichtsystemen von einem Trägersubstrat und nachfolgendem Aufbringen auf einen alternativen Träger, wobei durch Anodisieren in Flüssäure eine poröse Sollbruchschicht (2) erzeugt wird, gegebenenfalls vorher über der Sollbruchschicht (2) eine Stabilisierungsschicht (3) mit niedrigerer Porosität erzeugt wird, durch kurzzeitiges Kontaktieren mit HF das Oxid der Schicht (2) oder (3) gelöst wird, auf der Schicht (2) oder (3) eine Epitaxieschicht (4) aufgebracht wird, die Epitaxieschicht (4) oder das Schichtsystem (3, 4) vom Trägersubstrat (1) abgelöst wird, die Epitaxieschicht (4) oder das Schichtsystem (3, 4) auf einen alternativen Träger aufgebracht wird und gegebenenfalls die Stabilisierungsschicht (3) und/oder Rest der Sollbruchschicht (2) von der Epitaxieschicht (4) gelöst werden.



DE 198 03 013 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 198 03.013 A 1

1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf dem Gebiet der Halbleitertechnik auf ein Verfahren zum Ablösen von Schichten oder Schichtsystemen von einem Trägersubstrat und nachfolgendem Aufbringen auf einen alternativen Träger.

Das Ablösen einer Schicht oder eines Schichtsystems von einem Trägersubstrat ist im Stand der Technik bekannt. Dies wird beispielsweise durch vollständiges chemisches Auflösen, durch mechanisches oder mechanisch-chemisches Rückdünnen des Trägersubstrats erreicht.

Die Aufgabe vorliegender Erfindung besteht darin, ein Verfahren zu finden, bei dem Schichten oder Schichtsysteme von einem Trägersubstrat abgelöst werden können, das Trägersubstrat erhalten bleibt und die Schichten oder Schichtsysteme anschließend auf anderen Substraten weiter verwendet werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Ablösen von Schichten oder Schichtsystemen von einem Trägersubstrat und nachfolgendem Aufbringen auf einen alternativen Träger gelöst, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß

- a) durch Anodisieren in Flußsäure eine poröse Sollbruchschicht erzeugt wird,
- b) gegebenenfalls vorher über der Sollbruchschicht eine Stabilisierungsschicht mit niedrigerer Porosität erzeugt wird,
- c) durch kurzzeitiges Kontaktieren mit HF das Oxid der Sollbruchschicht oder der Stabilisierungsschicht gelöst wird,
- d) auf der Sollbruchschicht oder der Stabilisierungsschicht eine Epitaxieschicht aufgebracht wird,
- e) die Epitaxieschicht oder das Schichtsystem, das aus der Sollbruchschicht und der Stabilisierungsschicht besteht, vom Trägersubstrat abgelöst wird,
- f) die Epitaxieschicht oder das Schichtsystem auf einen alternativen Träger aufgebracht wird und
- g) gegebenenfalls die Stabilisierungsschicht und/oder Reste der Sollbruchschicht von der Epitaxieschicht gelöst werden.

Durch die Erzeugung einer Sollbruchschicht in einem Schichtsystem ist es daher nunmehr möglich, einen Teil dieses Schichtsystems kontrolliert vom Trägersubstrat abzulösen.

Als Trägersubstrat und als Ausgangsmaterial für die Sollbruchschicht und die Stabilisierungsschicht wird vorzugsweise jeweils p-dotiertes Si, SiC und/oder Ge eingesetzt.

Poröses Silizium und damit auch die poröse Sollbruchschicht wie auch die niederporöse Stützschicht werden durch elektrochemisches Anodisieren in einem Gemisch aus Flußsäure und vorzugsweise Ethanol hergestellt. Hierbei wird beispielsweise im Fall der Verwendung von Silizium in an sich bekannter Weise Si in SiO_2 überführt, das nachfolgend mit HF abreagiert.

Die Porosität der Schichten kann in Abhängigkeit von der Stromdichte, der Dotierung und der Konzentration der Flußsäure eingestellt werden.

Da die Porosität die mechanische und chemische Stabilität der Schicht bestimmt, kann sie auf diese Weise optimal eingestellt werden. Hierbei kann die Porengröße in einem Bereich von einigen nm bis einigen 10 nm liegen. Ebenso ist die Porosität in einem Bereich von ca. 10% bis über 90% einstellbar. Allgemein kann durch eine Erhöhung der Stromdichte, durch eine Absenkung der HF-Konzentration und durch eine Verringerung der Dotierung die Porosität der porösen Siliziumschicht erhöht werden. Eine Vergrößerung

2

der Poren ermöglicht ein sehr schnelles Ätzen der hochporösen Schicht und kann diese selektiv zum Substrat oder einer niedrigporösen Schicht auflösen.

Durch die hohe Porosität der Sollbruchschicht kann die mechanische Stabilität so gering werden, daß ein mechanisches Abheben der Schicht, die sich über der hochporösen Schicht befindet, ermöglicht wird.

Dabei kann die Sollbruchschicht aus a) nur einer Porosität, b) einer Abfolge von Schichten wechselnder Porosität oder c) einer kontinuierlichen Zu- und anschließenden Abnahme der Porosität, also einem Porositätsgradienten, bestehen. Im Fall a) findet die Ablösung in der Sollbruchschicht oder an den abrupten Übergängen von der niedrig- zu der hochporösen Schicht statt. Im Fall b) werden mehrere hochporöse Sollbruchschichten mit abrupten Porositätsübergängen geschaffen, an oder in denen die Schicht reißt. Im Fall c) wird durch eine kontinuierliche Zu- und Abnahme der Porosität das Brechen an den Porositätsübergängen verhindert und so auf den hochporösen Teil der Sollbruchschicht beschränkt.

Zur Stabilisierung der Sollbruchschicht kann deshalb eine zusätzliche, niedrigporöse Schicht, die sogenannte Stabilisierungsschicht, aus demselben Material dienen.

Diese wird beim Anodisieren vorzugsweise durch eine geringere Stromdichte erreicht.

Poröse Schichtsysteme behalten aufgrund des Herstellungsprozesses ihre Gitterperiodizität weitgehend bei, wobei jedoch eine Schicht niedrigerer Porosität für ein anschließendes epitaktisches Schichtwachstum darauf vorteilhaft ist. Somit kann die Schicht niedrigerer Porosität nicht nur zur Stabilisierung des gesamten Schichtsystems beitragen, sondern hierdurch stehen für eine mögliche anschließende Epitaxieschicht auch so viele Keimzellen zur Verfügung, daß eine hochwertige Epitaxieschicht wachsen kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Sollbruchschicht durch eine nur teilweise Oxidation stabilisiert.

Dies hat den Vorteil, daß die Stabilität des Schichtsystems bei den nachfolgenden Abscheideschritten, die für das Aufbringen der Epitaxieschicht notwendig sind, und den nachfolgenden Temperschritten, die bei hoher Temperatur ablaufen, erhöht ist. Vor Aufbringen der Epitaxieschicht ist dann ein kurzer Kontakt mit HF notwendig, um das Oxid der die Epitaxieschicht tragenden Schicht zu lösen. Dieser Kontakt muß kurz genug sein, damit einerseits das Oxid der oberen niedrigporösen Schicht gelöst wird und diese dann als Epitaxieschicht dienen kann und andererseits die teilweise oder vollständig durchoxidierte poröse Sollbruchschicht noch nicht völlig gelöst wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß nach der teilweisen Oxidation eine nichtnaßchemische Oxidation und anschließend eine Reaktion von gasförmigem HF mit dem Oxidationsprodukt durchgeführt wird.

Der Vorteil dieser Ausführungsform liegt darin, daß beim Trocknen von beispielsweise hochporösen Siliziumschichten die auftretenden Kapillarkräfte so groß werden können, daß die Schichten zerstört werden. Durch diese Ausführungsform der Erfindung kann daher die Bruchgefahr, die beim naßchemischen Verfahren besteht, vermieden werden. Damit bleiben die beim Anodisieren hergestellten porösen Schichten auch während des Trocknungsprozesses stabil und verlieren erst durch die anschließende HF-Dampfbehandlung an mechanischer Stabilität. In dieser Verfahrensstufe ist der Stabilitätsverlust erwünscht, damit sich die beispielweise epitaktisch gewachsenen Schichten mechanisch abheben lassen.

Der Verlust an Stabilität des porösen Siliziums ist eine

Folge des Volumenverlustes und der Vergrößerung der inneren Oberfläche des Siliziums. Der in dieser Ausführungsform des Verfahrens eingesetzte Oxidationsschritt kann beispielsweise in einer Lagerung in Sauerstoffatmosphäre oder an Luft durchgeführt werden.

Die Epitaxieschicht kann durch Abscheidung einer amorphen Schicht aus der Gasphase auf die Sollbruchschicht oder die Stabilisierungsschicht und durch anschließende Rekristallisation dieser amorphen Schicht durch Temperiern aufgebracht werden.

Die Abscheidung der amorphen Schicht aus der Gasphase erfolgt in an sich bekannter Weise durch Technologien, wie PECVE (plasma enhanced chemical vapour epitaxy), MOVPE (metal-organic vapour phase epitaxy), reaktives oder nichtreaktives Sputtern oder PECVD (plasma enhanced chemical vapour deposition).

Der zunächst dabei entstehende amorphe Niederschlag wird durch Temperiern in eine kristalline Form überführt, wobei die Gitterperiodizität des zugrundeliegenden Schichtsystems die Grundlage für das epitaktische Schichtwachstum bildet.

Hierbei kann das Temperiern der aufgewachsenen Schicht mit dem ganzen Schichtsystem, also einschließlich des Substrats, erfolgen. Es ist jedoch auch möglich, daß das Temperiern der aufgewachsenen Schicht nach dem mechanischen Ablösen erfolgt. Durchs die vorhandene Sollbruchschicht bleibt die monokristalline poröse Stabilisierungsschicht und damit die zur Rekristallisation notwendigen Keimzellen nach dem Ablösen erhalten. Ferner ist es möglich, daß das Temperiern teilweise mit und teilweise ohne dem Substrat erfolgt.

Die Ablösung der Epitaxieschicht oder des Schichtsystems kann auf chemischem, mechanischem oder elektrochemischem Weg erfolgen.

Die Ablösung auf chemischem Weg des beispielsweise porösen Siliziums erfolgt bevorzugt mit KOH, NaOH, NH₃ oder Mischungen von Flußsäure mit Oxidationsmitteln, wie H₂O₂ oder HNO₃.

Zur Stabilisierung der abzulösenden Schicht kann das obere Schichtsystem anodisch auf Glas oder Kunststoff gebunden werden. Der Lösevorgang kann durch eine Ultraschallbehandlung beschleunigt werden. Andere Bindungs- oder Klebeverfahren ermöglichen die Befestigung des Schichtsystems auch auf alternativen Trägern.

Des Weiteren kann das Ablösen auf elektrochemischem Wege erfolgen. Dieses elektrochemische Ablösen ist jedoch nur möglich, wenn das komplette Schichtsystem, also mit der Epitaxieschicht, wieder in der Flußsäure elektrochemisch geätzt wird. Normalerweise kann die Flußsäure nicht durch die Epitaxieschicht hindurchdringen, um ein elektrochemisches Ätzen zu ermöglichen, es sei denn, die Epitaxieschicht wurde vorher beispielsweise mit Löchern strukturiert. Bei dem elektrochemischen Ablösen führt eine sehr hohe Stromdichte in Abhängigkeit von der Dotierung, der HF-Konzentration und der Dicke der Sollbruchschicht zu der Ablösung der darüberliegenden porösen oder strukturierten nichtporösen Schichten.

Durch das erfundungsgemäße Verfahren ist es nunmehr in überraschender Weise möglich, Schichtsysteme vom 60 ursprünglichen Trägersubstrat abzulösen und auf alternativen Trägern, wie Glas, Kunststoff oder Keramik, aufzubringen oder weiterzuverarbeiten.

Durch die Wiederverwendbarkeit des Trägersubstrats sind nunmehr Anwendungen wie beispielsweise Elektronik auf Glas oder Kunststoff in einfacher Weise realisierbar.

Die Lösungen, durch die die Sollbruchschicht gelöst wird, können auch für die Reinigung der Epitaxieschicht, d. h. zum Entfernen der Stabilisierungsschicht und von Re-

sten der Sollbruchschicht eingesetzt werden. Hierbei ist das Ziel die Herstellung einer sauberen, abgelösten Epitaxieschicht.

Die Erfindung soll anhand beigefügter Zeichnung näher erläutert werden.

Hierbei zeigen in schematischer Darstellung die Fig. 1 und 2 jeweils zwei unterschiedliche Schichtsysteme vor und nach der Auflösung der Sollbruchschicht.

Auf dem Substrat 1 befindet sich die Sollbruchschicht 2, die in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung von der Stabilisierungsschicht 3 bedeckt sein kann. Die Sollbruchschicht 2 besteht aus hochporösem, die Stabilisierungsschicht 3 aus niederporösem Material, wobei vorzugsweise p-dotiertes Silizium eingesetzt wird.

15 Die Stabilisierungsschicht 3 wird nach dem Auflösen der Sollbruchschicht 2 ebenfalls mit den beschriebenen Ätzlösungen entfernt.

Auf der Sollbruchschicht 2 bzw. der Stabilisierungsschicht 3 liegt die aufgewachsene Epitaxieschicht 4.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ablösen von Schichten oder Schichtsystemen von einem Trägersubstrat und nachfolgendem Aufbringen auf einen alternativen Träger, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) durch Anodisieren in Flußsäure eine poröse Sollbruchschicht (2) erzeugt wird,
- b) gegebenenfalls vorher über der Sollbruchschicht (2) eine Stabilisierungsschicht (3) mit niedrigerer Porosität erzeugt wird,
- c) durch kurzzeitiges Kontaktieren mit HF das Oxid der Schicht (2) oder (3) gelöst wird,
- d) auf der Schicht (2) oder (3) eine Epitaxieschicht (4) aufgebracht wird,
- e) die Epitaxieschicht (4) oder das Schichtsystem (3, 4) vom Trägersubstrat (1) abgelöst wird,
- f) die Epitaxieschicht (4) oder das Schichtsystem (3, 4) auf einen alternativen Träger aufgebracht wird und
- g) gegebenenfalls die Stabilisierungsschicht (3) und/oder Reste der Sollbruchschicht (2) von der Epitaxieschicht (4) gelöst werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Trägersubstrat (1) und als Ausgangsmaterial für die Schichten (2, 3) jeweils p-dotiertes Si, SiC und/oder Ge eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Porosität der Schichten (2, 3) in Abhängigkeit von der Stromdichte, der Dotierung und der Konzentration der Flußsäure eingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbruchschicht (2) durch eine nur teilweise Oxidation stabilisiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß nach der teilweisen Oxidation eine nichtnaßchemische Reaktion von gasförmigem HF mit dem Oxidationsprodukt durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Epitaxieschicht (4) durch Abscheidung einer amorphen Schicht aus der Gasphase auf die Sollbruchschicht (2) oder die Stabilisierungsschicht (3) und durch anschließende Rekristallisation dieser amorphen Schicht durch Temperiern aufgebracht wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablösung der Epitaxieschicht (4) oder des Schichtsystems (3, 4) auf chemi-

schem, mechanischem oder elektrochemischem Weg
erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeich-
net, daß die Ablösung-auf chemischem Weg durch
KOH, NaOH, NH₃ oder Mischungen von Flußsäure 5
mit Oxidationsmitteln erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 198 03 013 A1

Int. Cl. 6

H 01 L 21/308

Offenlegungstag:

5. August 1999

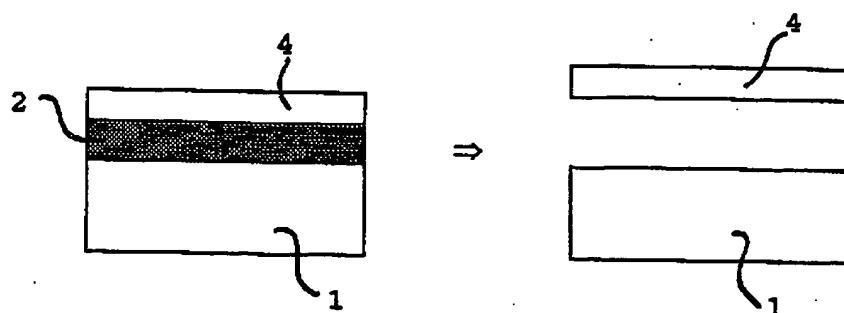


Fig. 1

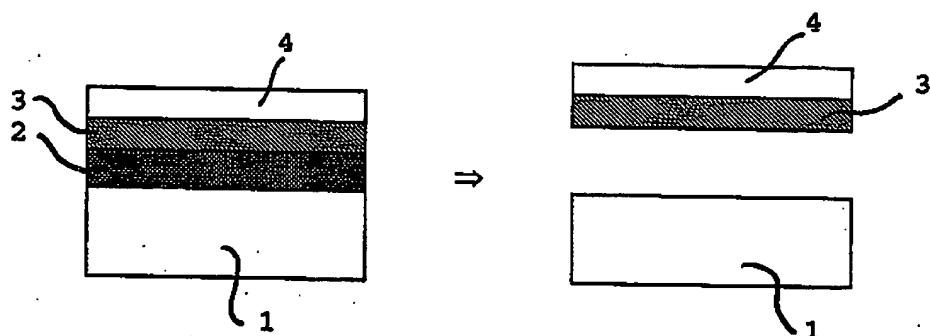


Fig. 2